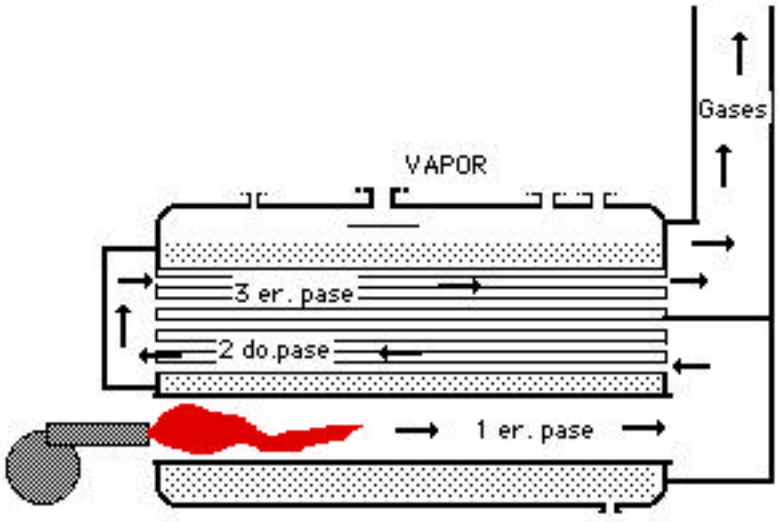
CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)



CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

<u>MODULO 4:</u>

PUESTA EN MARCHA

CALDERA A COMBUSTIBLES LIQUIDOS

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

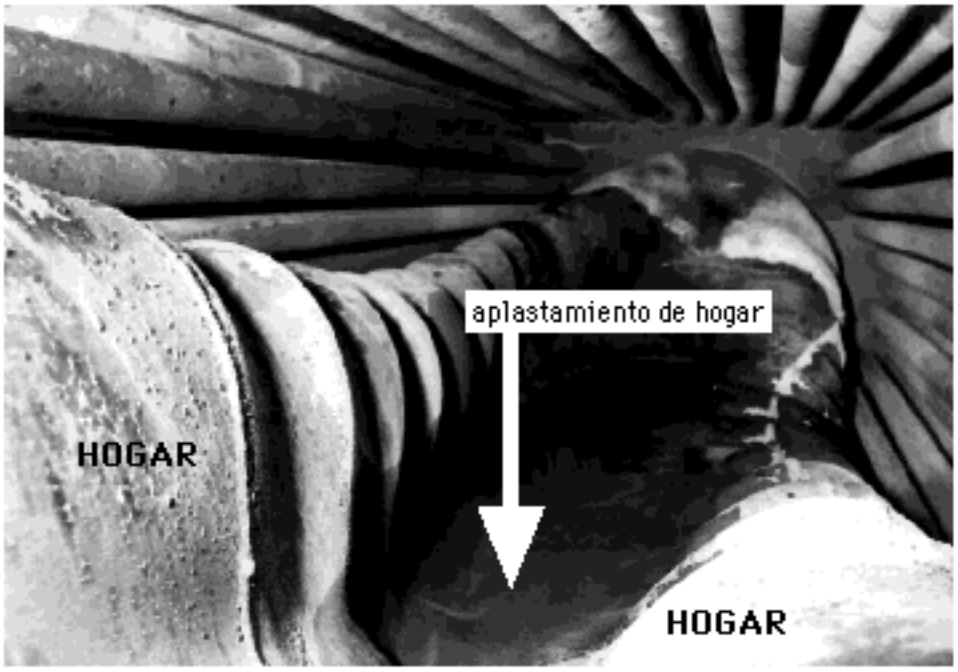
Puesta en marcha de una caldera

Cuando ponemos en marcha una caldera, lo primero es revisar todos aquellos elementos que intervienen en su funcionamiento:

1-Verificar que se encuentre **llena con agua adecuada** (ablandada, tratada químicamente, etc.) hasta casi el nivel normal (1/4 del nivel visual o el corte del automático de la bomba, ya que el nivel aumentará al aumentar la temperatura del agua). Para llenar la caldera cerrar todas las purgas y abrir el grifo atmosférico (purga de aire). Se supone que la válvula principal de vapor (válvula de cuello) se encuentra cerrada.

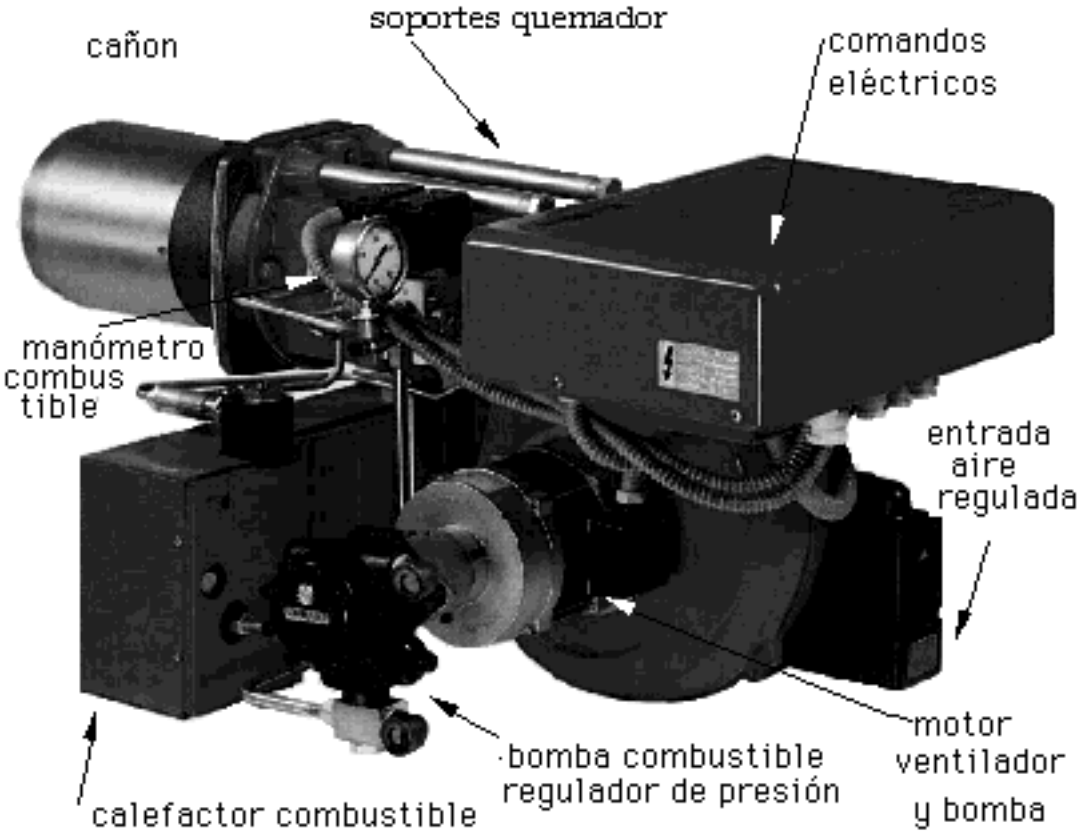
Si la **caldera estuviera en "conserva"** por algún método seco, primero se debe **extraer los productos "secantes"** de su interior (cal viva,"silicagel", etc.), poner tapas de visita y hacer una prueba de estanqueidad (hidráulica). Si estuviera **inundada con agua** tratada para un método de conservación húmeda, es suficiente generalmente **bajar el nivel** del agua con las purgas, abriendo el grifo atmosférico para "romper" el vacío (para que entre el aire).

HOGAR APLASTADO POR APARENTE FALLA DE NIVEL DE AGUA



2-**Verificar los controles de nivel** (abrir sus purgas y verificar que accione la bomba de alimentación, previo a abrir sus válvulas de succión y descarga, oir y ver señales de bajo nivel).En algunos casos es necesario efectuar una prueba hidráulica de "estanqueidad" (probar que no haya pérdidas de agua o vapor). Para ello se puede levantar presión de "trabajo" con la misma bomba de alimentación (en forma lenta), sacando el aire por el grifo atmosférico (el grifo atmosférico sirve tanto para sacar el aire y gases, como para evitar que se produzca

"vacío" en el interior de la caldera al enfriar o vaciar la misma). Con 10 minutos de presión (todas las válvulas cerradas), observando exterior e interior de la caldera (hogar y cajas de humo) por pérdidas de agua, y que la presión en el manómetro no baje más que muy lentamente (alguna pérdida en empaquetaduras). Luego hacer bajar la presión lentamente (purga) y regular el nivel (purga y grifo atmosférico).



QUEMADOR DE COMBUSTIBLE LIQUIDO A PRESIÓN MECÁNICA

3-**En calderas a F.Oíl Pesado (Nº6, "residual", etc.)**, verificar el combustible en el tanque de servicio. Se supone que los filtros de F.Oíl se encuentran limpios y armados. Precalentar con calor auxiliar (resistencias eléctricas o vapor auxiliar) hasta una temperatura bombeable (40ºC a 60ºC) y no intentar bombear sin precalentar (se puede sobrecargar las bombas). Luego se calentará hasta la temperatura de atomización, dependiendo esta del tipo de quemador, pudiendo ser: mecánica 120ºC a 145ºC, vapor y copa rotativa de 75ºC a 90ºC, con aire a baja presión 110ºC a 130ºC .(Valores aproximados, referirse al constructor del quemador). Ver calentadores más adelante en esta misma sección dedicada combustibles líquidos.

Hacer circular el F.Oíl en forma lenta (cuidar de no abrir a la atomización) para asegurarse de normalizar la temperatura y presiones del sistema .

Luego, antes de proceder a poner en funcionamiento el quemador, verificar los tiros inducidos (o aperturas de controles en chimeneas de tiro natural), verificar los aires forzados (aire primario y secundarios), abriendo y cerrando sus controles.

Si el quemador es automático, el hará los siguientes pasos, pero en caso que sea manual , se deberá proceder de la siguiente forma:

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

a-**Ningún quemador debe encenderse** (ni su llama piloto) **antes de "ventilar" el hogar (hacer un "barrido" de gases combustibles con aire limpio, de lo contrario puede haber una "explosión de hogar").** Se abre el tiro inducido totalmente y se abre el aire primario y secundario durante unos segundos (90 segundos o más, hasta que se asegure el barrido de gases en el interior de la caldera, por lo menos 4 cambios de aire del volumen de la cámara de gases y el hogar). Luego se cierra el aire primario y secundario a un "mínimo " de arranque y el tiro inducido hasta que la depresión (no siempre se trabaja en depresión: 3 a 5 mm.C.A.: milímetros de columna de agua, muchas calderas trabajan con el hogar "presurizado", con presión en la cámara del hogar, pudiendo la misma llegar a valores bastante altos) en el hogar sea la de marcha (generalmente debemos notar succión en la mirillas o entrada del mechero). Si el mechero es a gas y fijo, prender el mismo, y si es manual y hecho con "estopa", prenderlo afuera e introducirlo por la entrada de encendido hasta el interior del hogar (un poco adelante y al costado del quemador), **observando (de costado) por la mirilla la llama piloto**, abrir muy suavemente la válvula reguladora del F.Oíl hasta obtener una llama pequeña pero estable (hay calderas que deben ser prendidas con combustibles de baja viscosidad: Gas Oíl o F. Oíl Calefacción, para lo que hay que poner primero una "pastilla" o tobera de menor tamaño que la normal, también puede ser necesario algún elemento auxiliar de atomización: aire en vez de vapor). Una vez lograda la estabilidad de la llama (regulando el combustible, el aire forzado y la depresión del hogar hasta que la llama quede de un color rojo claro y no tienda a apagarse o soplarse), la llama piloto se apaga o se retira el mechero (hisopo).

Estando la **caldera caliente** no intente prender el quemador con el calor residual o llamas que queden en los refractarios del hogar (**esto puede ocasionar graves explosiones de hogar**), efectuar la maniobra anterior.

La caldera debe ser calentada lentamente hasta que largue vapor por el grifo atmosférico (salga vapor visible, no aire), ya que un calentamiento rápido puede provocar aflojamientos de tubos en los mandrilados, aflojamiento de material refractario o fisuras en las estructuras de la caldera. Esto se debe a las dilataciones que sufre el material, que debe ser parejo, debido a que el calor tiende a subir (por convección en el agua y el el aire , la parte superior de la caldera estará caliente y la parte inferior estará fría, pudiendo cada metro de caldera dilatar hasta más de 2 mm.).

Se debe **vigilar** muy atentamente que **no se apague esta llama** baja con la caldera fría (ya que tiene tendencia a ser inestable).

En los **quemadores automáticos,** el barrido, el encendido de la llama piloto (si es necesaria), **la vigilancia de la llama** (fotocélula: cierra el combustible al detectar la falta de llama evitando que se inunde el hogar con combustible), el control de la **temperatura del combustible**, **se hacen automáticamente** cada vez que se prende el quemador e inclusive no lo deja prender si detecta llama o un calor luminoso en el hogar (o combustible muy frío o en algunos falta de aire). En algunos quemadores se puede seleccionar la llama baja, **conviene calentar la caldera en llama baja**. Hay quemadores que no entrará la llama alta hasta determinado valor de la presión del vapor (permite el calentamiento lento y protege la refrigeración de la placa más caliente en presiones bajas o en consumos altos de vapor que pudieran hacer bajar la presión demasiado).

En los **quemadores automáticos**, el mecanismo que controla las secuencias de barrido, encendido y control de llama, se llama: "programador" (generalmente son electrónicos o eléctricos, pudiendo haber con contactos accionados en forma mecánica por un motor que mueve un eje con levas).

Tanto en los quemadores manuales como automáticos cuando se arrancan, **no** se debe permitir entrar una gran cantidad de combustible sin lograr el encendido. En caso que éste no ocurra (el encendido a los pocos segundos), se debe de cerrar el combustible e intentar nuevamente (**previo barrido** y corrigiendo si es necesario los aires o depresiones del hogar, temperaturas, para evitar el "soplado" de la llama).

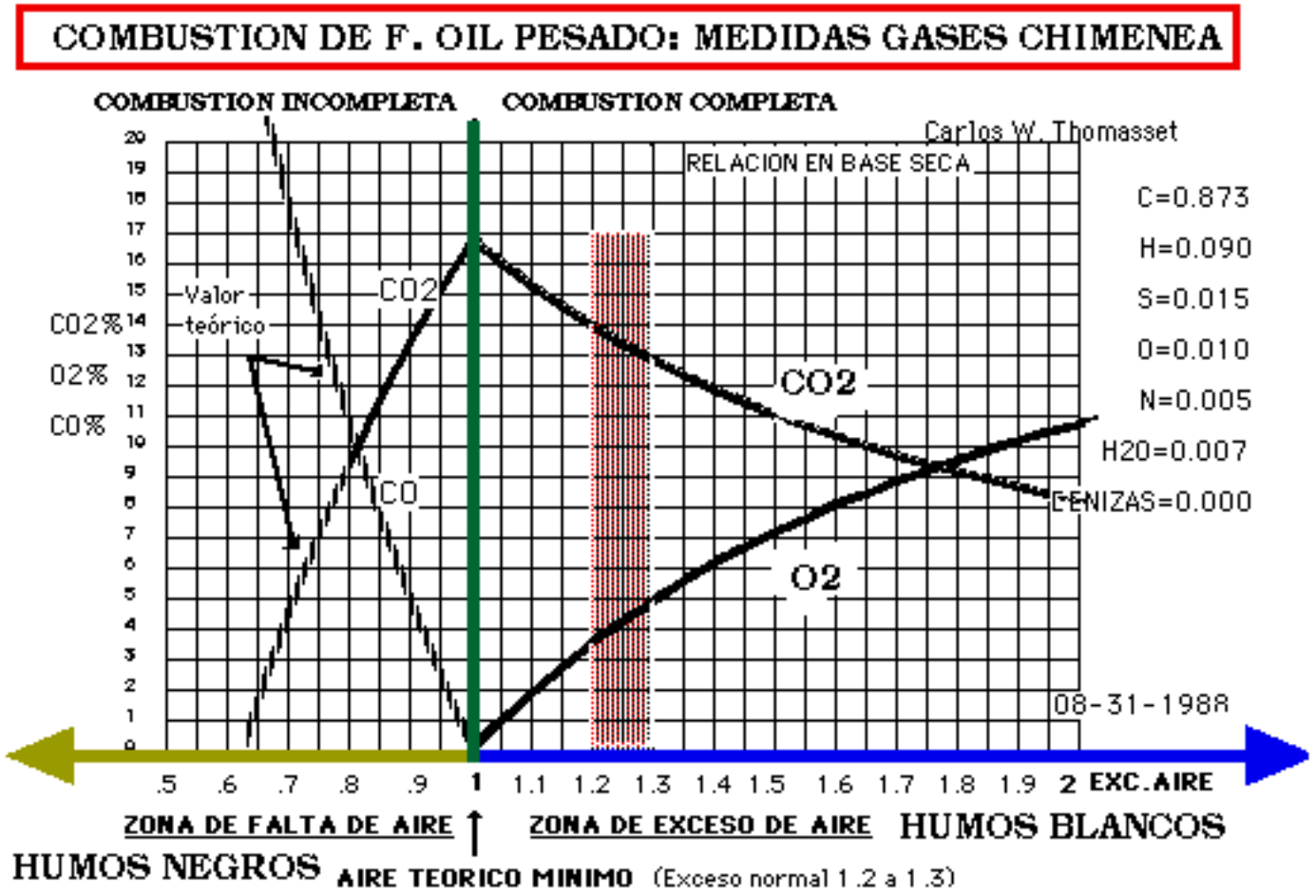
Cuando la presión de vapor llegue a 1 a 2 Kg/cm2 (15 a 30 Lb/Pulg.2), es conveniente accionar las válvulas de fondo, para sacar los barros depositados sobre los fondos y probar el mecanismo de purga de fondo (si las válvulas accionan correctamente y no quedan perdiendo), e ir aumentando la combustión, dando más combustible (presión o pastillas más grandes, según sea el caso) y más aire y tiro. Mantener una llama media hasta lograr la presión de trabajo.

Probar el corte de quemador desde los niveles (purgando estos), probar la falta de llama en la célula foto-resistente (quemador automático todos: sacar la fotocélula y taparla de la luz, el quemador deberá apagarse).

Una vez asegurado el sistema y la caldera vaporizando a la presión de trabajo, abrir la válvula de vapor (válvula de suministro de vapor) en forma lenta (muy lenta o abrir un by-pass en el caso de presiones o válvulas grandes) y luego abrir totalmente la válvula (evitando la "horadación": rayado del asiento, debido a la laminación: estrangulación del

vapor), **una vez establecido el consumo de vapor habrá que aumentar la alimentación de agua y de combustión de manera de mantener el equilibrio del nivel de agua en el interior de la caldera y la presión de vapor de la misma** (que tenderán variar con el consumo).

Al bajar la presión por mayor consumo de vapor, debemos aumentar la combustión, aumentando la cantidad de aire y combustible en forma relacionada y si la presión de vapor aumenta debemos de bajar el régimen de combustión, bajando el combustible y el aire en la misma relación (relación aire / combustible).

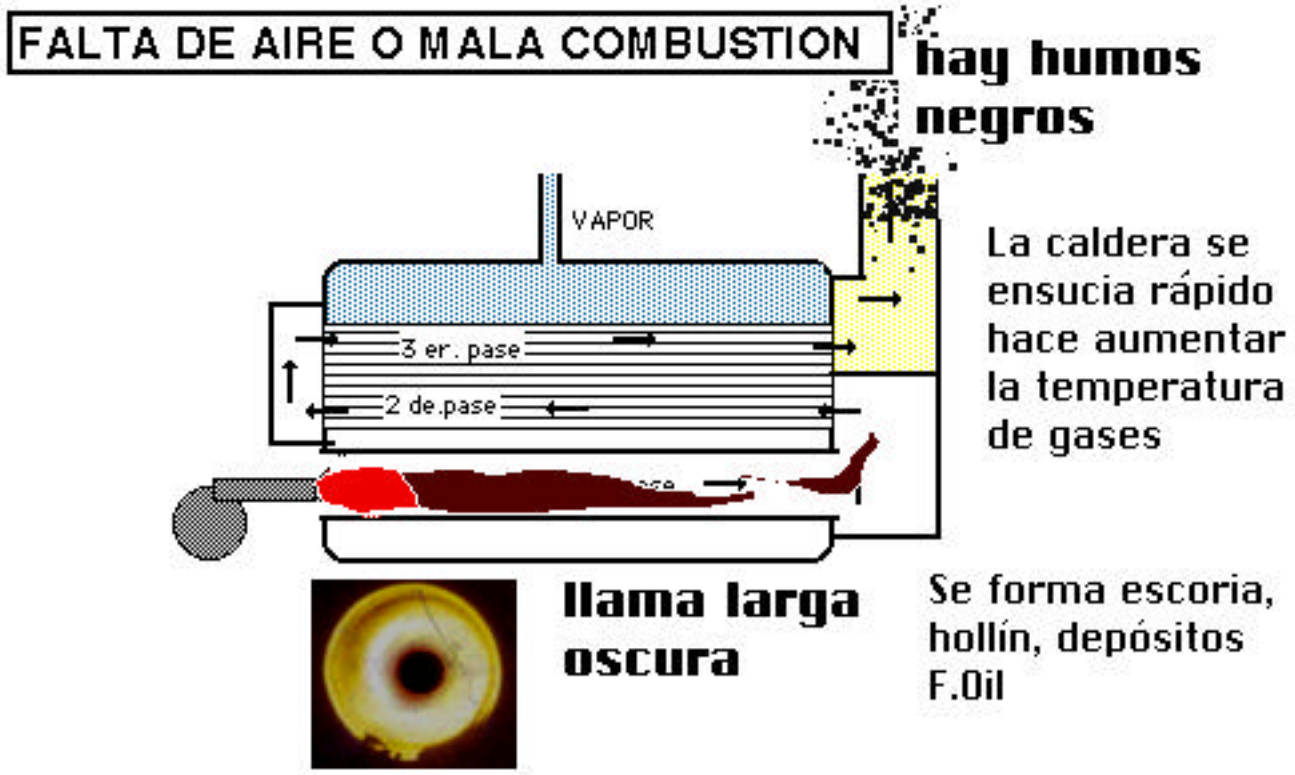


Regulación de la combustión en F.Oíl .

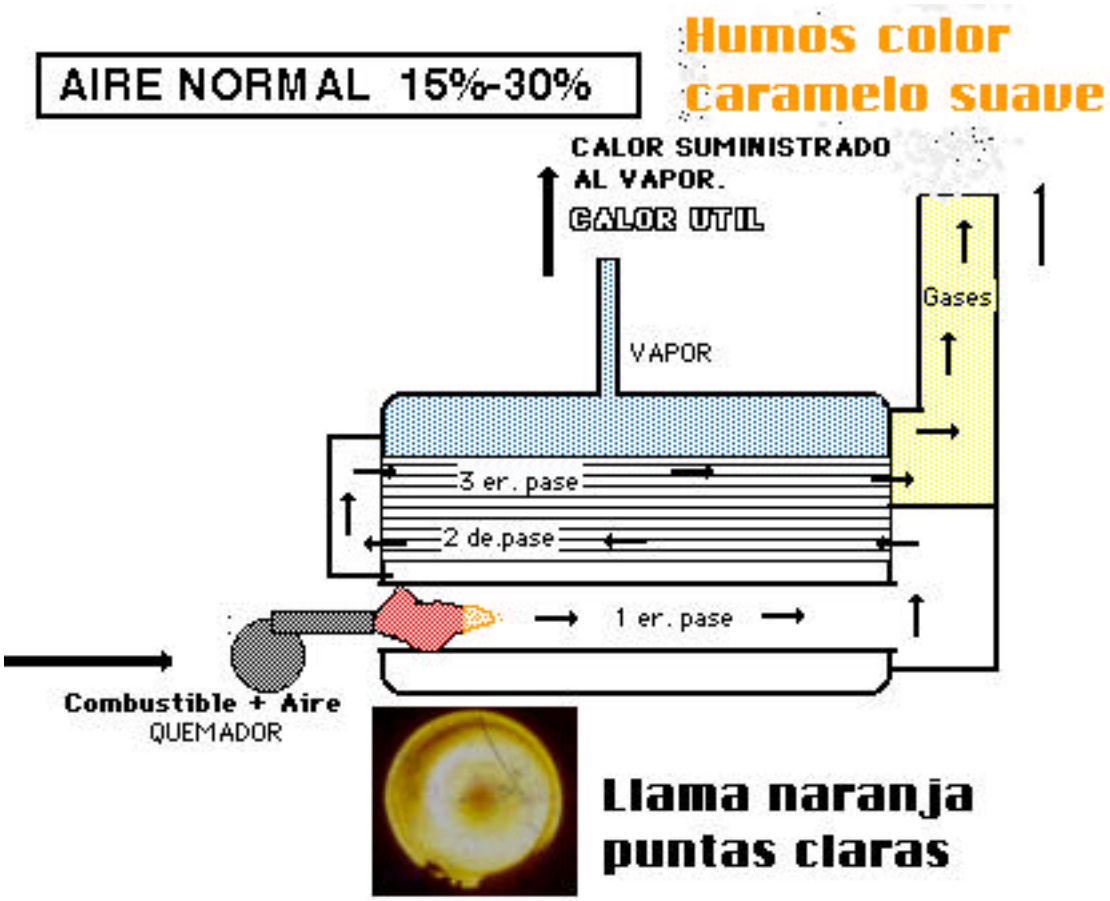
Habíamos visto que para cada Kg. de combustible se debe tener una determinada cantidad mínima de aire (más de 14 Kg. de aire por Kg. de F.Oíl), ya que **necesitamos un exceso de aire** para lograr una buena combustión (libre de humos y hollín). Esto se puede controlar por medio de medidores de la composición de los gases de chimenea, pero desde el punto de vista práctico, esto no alcanza y normalmente no se posee dichos equipos de medición. Por lo tanto debemos de juzgar la combustión en base a nuestra experiencia visual :

Debemos **observar el color de la llama y su aspecto:** el **color de los gases de chimenea** .

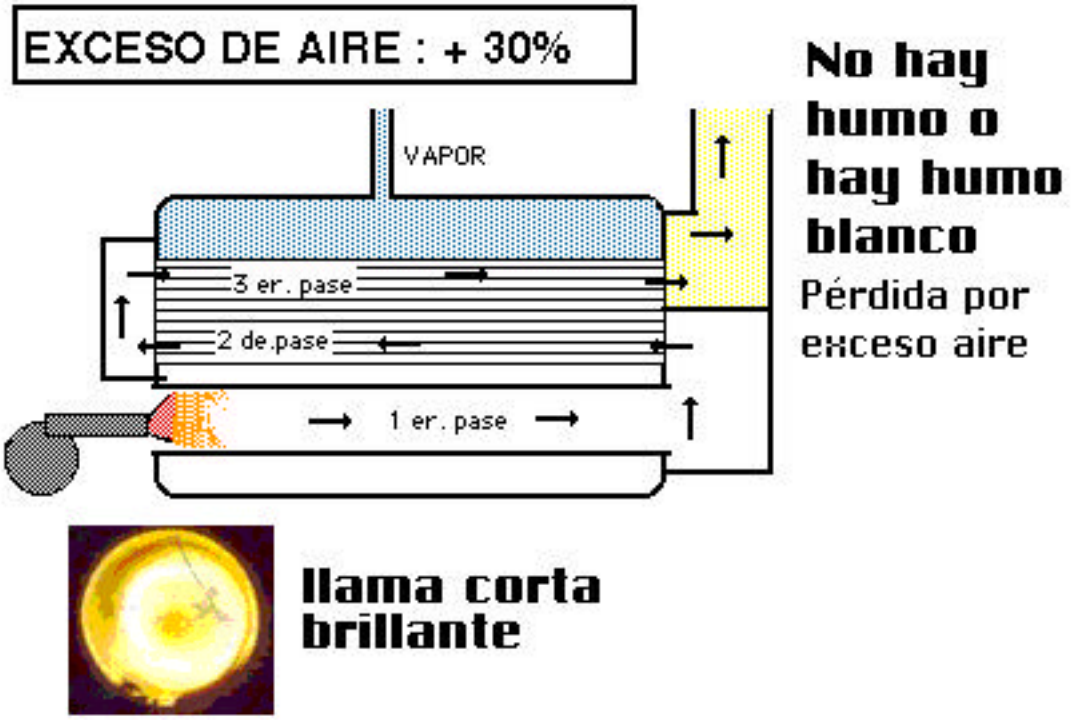
1-**Falta de aire**: la llama rojo oscuro y larga, hay **humos negros** o marrones oscuros en chimenea (el CO2 es más del 14% y el O2 menos de 3.5%, puede haber CO y/u hollín, el CO podrá no formarse y si formarse hollín. Estos valores dependen del exceso mínimo de aire según el tipo de quemador).

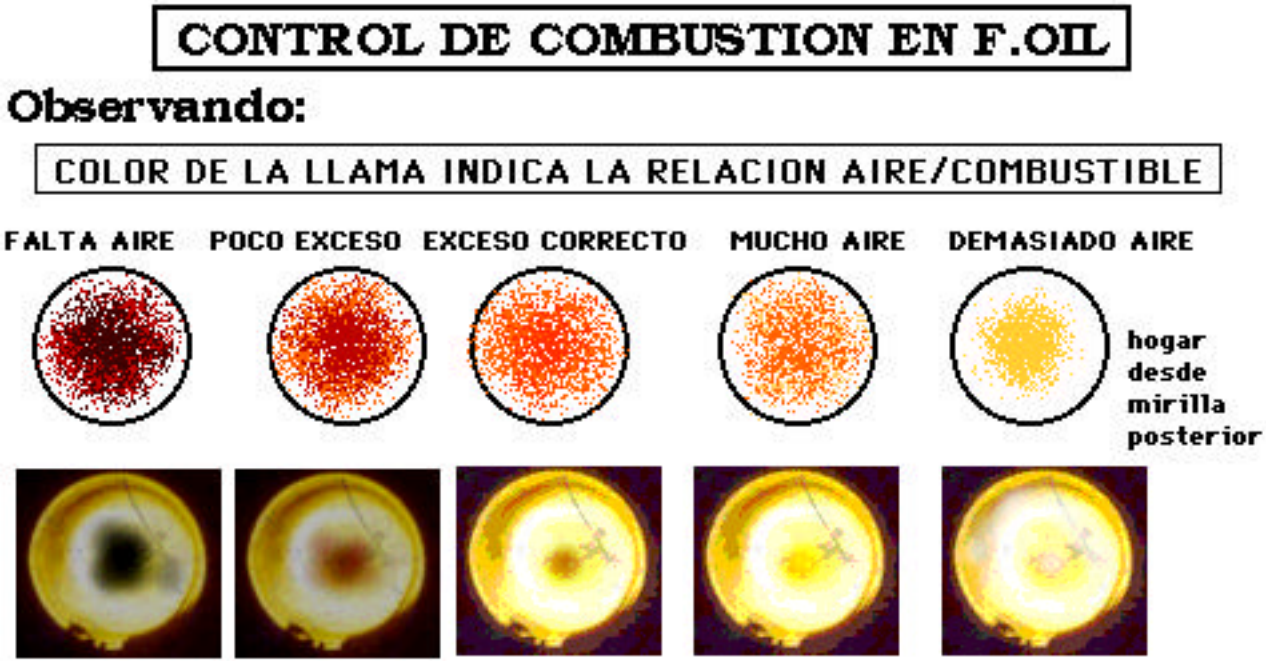

FALTA DE AIRE O MALA COMBUSTION
hay humos negros
VAPOR
3 er. pase
2 de.pase
La caldera se ensucia rápido hace aumentar la temperatura de gases
llama larga oscura
Se forma escoria, hollín, depósitos F.Oil

2-**Buena combustión** : la llama relativamente corta y anaranjada, los **humos son levemente perceptibles** (un leve **color caramelo**). Los valores de CO2 serán entre 12% y 14% , el O2 entre 3,5% y 6%, nada de CO y el hollín casi nulo . Estos valores dependen del tipo de quemador y caldera.



3-**Exceso de aire**: la llama es muy corta y un naranja brillante: casi blanco, **no se ven humos en chimenea** o si el **exceso es muy grande el humo es blanco.** (CO2 menor 12%, O2 mayor al 6%, dependiendo del tipo de quemador y caldera).





4-**Mala combustión** : puede haber falta de aire o un exceso de aire en zonas de la combustión por mala atomización o mala regulación de la interacción del aire con el combustible. Mala atomización o combustible frío o demasiado caliente (copa rotativa). Agua en el combustible (chisporroteo), etc..

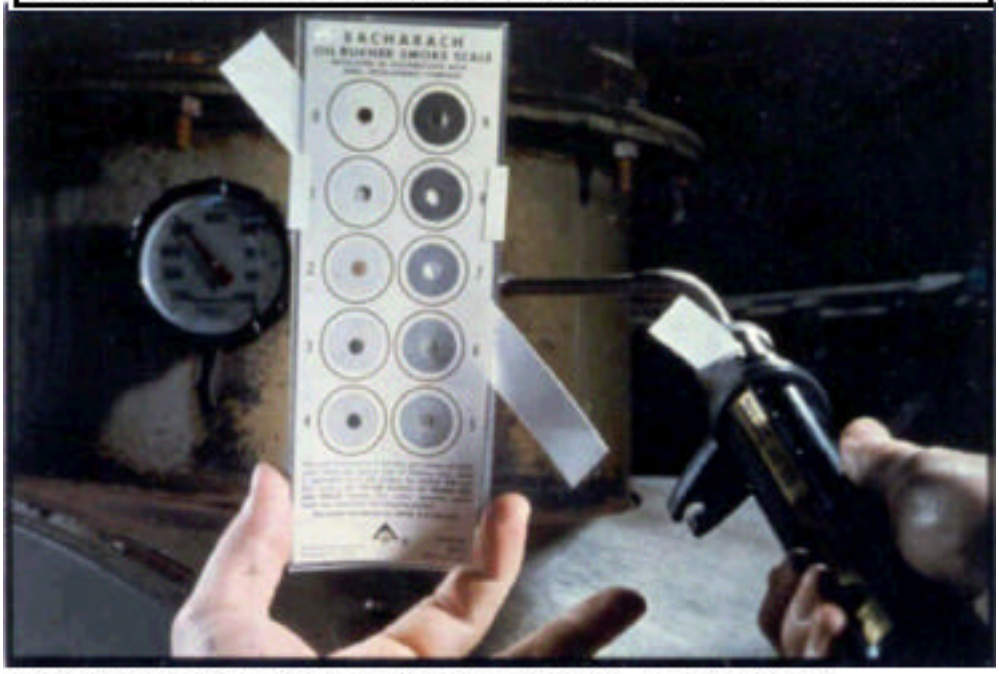
El uso de aditivos en el combustible, favorece la atomización en algunos casos (atomización mecánica, al bajar la viscosidad), pero los "males" de la combustión deben ser corregidos con los ajustes del quemador. El uso de aditivos por lo general emulsiona el agua (no permite decantar el agua del F.Oíl en los tanques de servicio, si la contaminación es importante, esto provoca dificultades). Los aditivos de combustible pueden ser dirigidos a mejorar la combustión al incluir partículas incandescentes en el seno de la llama (contienen sales que desprenden partículas que al entrar en contacto con la llama, producen luminosidad y con ello temperatura que acelera la combustión), en otros su función es **neutralizar el azufre y vanadio**, **o mejorar la circulación del combustible en la zona fría** (filtros y tanques, evitando o disolviendo los barros de la descomposición del propio F. Oíl).

Lo que debe quedar claro que **no se debe utilizar aditivos de baja temperatura punto de inflamación** ("**flash point",** es la temperatura en el cual se produce el encendido momentáneo del combustible en un vaso abierto a la atmósfera al entrar en contacto en su superficie con una llama, **el punto de combustión o "fire point"** es la temperatura en el cual la superficie del combustible continua ardiendo por lo menos más de 5 segundos), ya que **esto es peligroso, debido a que la formación de vapores combustibles**, puede ser la causa de una explosión de hogar o de un tanque o local (la temperatura de inflamación de un F. Oíl es aproximadamente unos 65ºC, por lo general se calienta para la circulación entre 40ºC y 60-ºC, luego para atomizar la temperatura será en general de no menos 100ºC y hasta casi los 145ºC, lo que significa que un aditivo de baja temperatura de inflamación (punto de inflamación) provocará gases de carácter explosivos). Cuando se compre aditivos, este será un punto a tener en cuenta, que el aditivo tenga un punto de inflamación igual o por encima del combustible

.

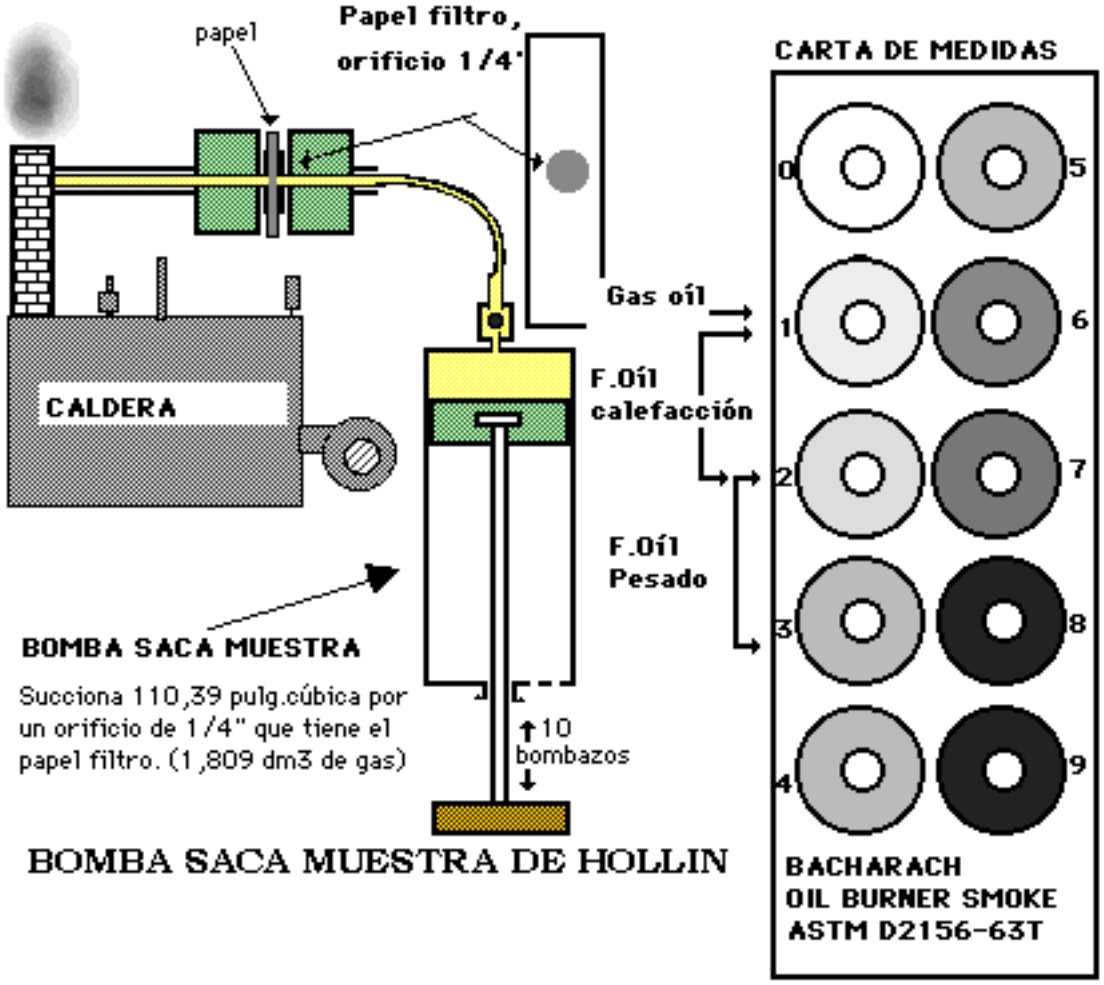
(Los valores de chimenea fueron dados en % sobre gases secos: Orsat, Fyrite, etc.)

CONTROL DE COMBUSTION EN F.OIL



CONTROL DE HOLLIN EN HUMOS

Para el control de la formación de hollín en los gases de chimenea, además de la observación visual de los gases a la salida de la chimenea (que es una estimación) se puede usar una "bomba saca muestras" de hollín como la **Bacharach** (la que indica con más precisión que la observación visual el hollín en los gases), sigue la normas establecidas por la norma **ASTM D2156-63T**, que indica que una mancha de hollín en un papel filtro, provocado por un volumen de gas de chimenea de 110,39 pulgadas cúbicas (1,809 dm3 de gas) que al pasar por un orificio de 1/4" (Ø 6,35 mm de diámetro), la mancha de hollín que deja, se compara con una "carta" con un valor indicado correspondiente al Nº de hollín pre-establecido (son círculos con un color tipo hollín de distinta tonalidad, que tiene en su centro un orificio de 1/4" por donde se mira la mancha dejada en el papel filtro para comparar). Por ejemplo: cuando quemamos F.Oíl Pesado la mancha máxima aceptable es la Nº3 , aunque con un quemador en buenas condiciones se puede obtener la Nº1. Los combustibles líquidos más livianos el Nº máximo aceptable es menor, ya que se puede trabajar con muy baja formación de hollín, como en el caso del Gas Oíl, cuyo Nº máximo será el Nº1. Vease el dibujo inferior.



BOMBA SACA MUESTRA DE HOLLIN

En caso de apagarse la caldera por un corte de energía o falta de agua, cerrar el vapor (el quemador estará apagado, pero pueden quedar tubos expuestos al calor residual, sin agua que los refrigere, en caso de no cerrar el vapor).

Al apagar la caldera al fin de la jornada se debe apagar el quemador (hacer un post-barrido de gases con aire, dado que el combustible puede haber "goteado" y formar gases explosivos), cerrar el vapor, cerrar los tiros, apagar los ventiladores y bombas de combustible (así como los calentadores de combustible, cerrar la maniobra de combustible, la purga continua, etc.), dejando la alimentación de agua en funcionamiento mientras haya presión de vapor en el interior de la caldera. **No forzar la bajada de presión, la caldera enfriará despareja, creando tensiones perjudiciales.**

Después de unos 15 minutos de parada es conveniente efectuar una ronda de purgas (ya que el barro tenderá a bajar). Luego que baje la presión a casi cero, se deberá inundar la caldera con agua tratada (para evitar la corrosión por el oxígeno del aire), dejando un sello hidráulico para compensar la dilatación y contracción del agua (en algunos casos dejando la alimentación abierta es suficiente) .

Si la caldera **no se inunda**, al enfriarse **se produce un vacío** que podrá provocar tensiones de presión inversa (presión de la atmósfera) que en algunos tipos de caldera se debe tener en cuenta (que pueden afectar su estructura, especialmente en calderas de baja presión) y **puede provocar "succiones" de productos** que se encuentran calefaccionados por el vapor directo, contaminando el agua de caldera (digestores, tinas. etc.) o la entrada de oxígeno que produce corrosión ("pitting").

Cuando la caldera se deje por largos períodos, se deberá controlar las condiciones del agua, de manera de que la corrosión sea mínima. Para que esta no ocurra, el PH del agua deberá ser mayor de 10,5 y deberá haber suficientes productos químicos que puedan absorber (o combinarse) con el oxígeno del aire que pueda entrar (aún con la caldera inundada y con un sello de agua que permita la libre dilatación y contracción sin que entre aire de la atmósfera).

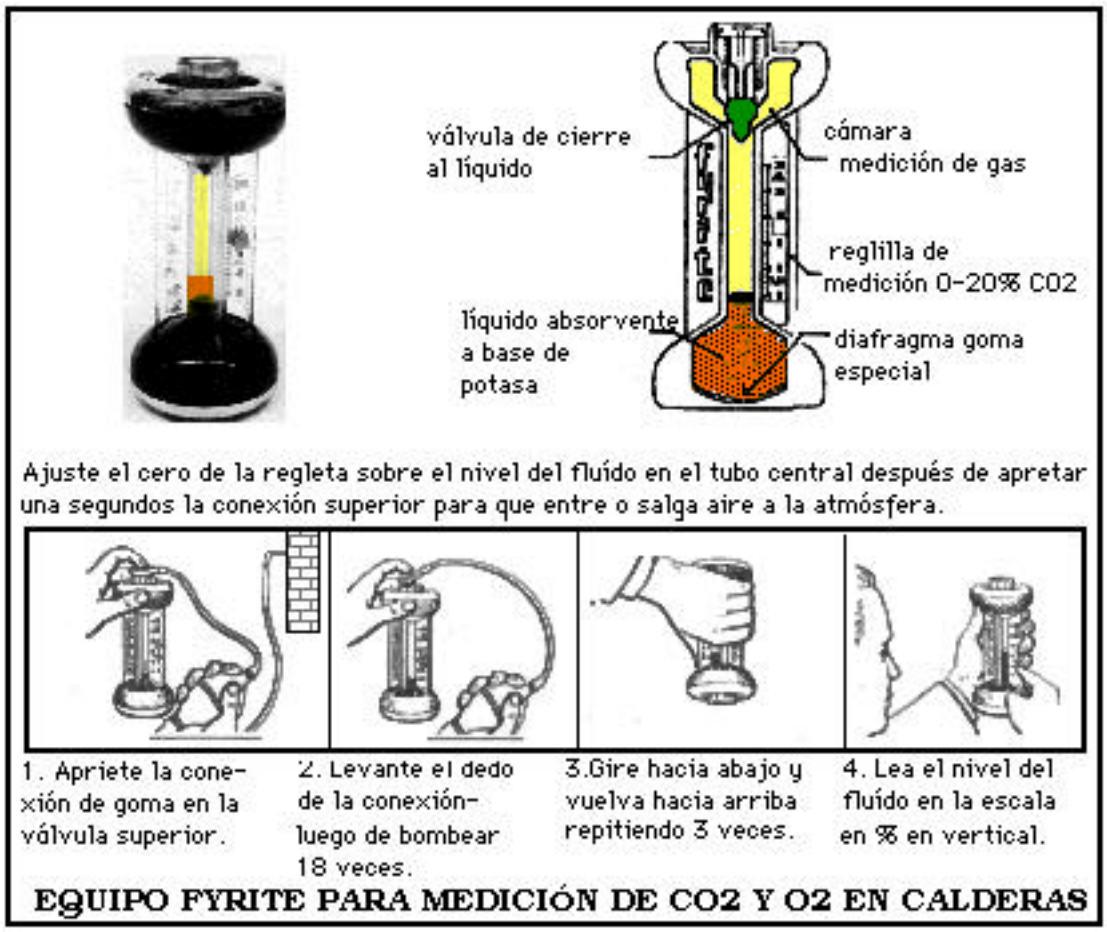
Evite la entrada de vapor de otras calderas a la caldera parada (debido a pérdidas de las válvulas de vapor), ya que el vapor produce un condensado de tendencia "corrosiva" que afecta a la caldera parada, produciendo en la parte superior al condensarse, condiciones que favorecen la corrosión.

Bajo ninguna circunstancia es conveniente dejar la caldera con nivel bajo, (consumiendo el vapor aún con el quemador apagado). Los tubos al quedar "descubiertos" son afectados por la corrosión. Por eso al haber un corte de corriente, cierre inmediatamente el vapor al "consumo" para evitar que la caldera pierda el nivel normal (corrosión y recalentamiento).

Cuando el tiempo de parada supere el tiempo de meses y la caldera no estará afectada a su utilización inmediata, es recomendable la "**conservación en seco**", es decir sacada el agua, "mangueareados" los barros internos, **secar totalmente** el interior de la cámara de agua y vapor (con aire caliente o calefactores eléctricos), manteniendo el interior seco durante este período con temperaturas más altas que la del ambiente o con productos que absorban la humedad (cerrando la caldera con : cal viva o silica gel), inspeccionando periódicamente para reponer los absorbentes, cuidando de no dejar que los mismos caigan en el interior de la caldera (la cal es corrosiva).

Es conveniente desconectar todas aquellas cañerías que puedan introducir agua o humedad al interior de la caldera (cañerías de vapor, alimentación de agua, etc.).

Limpiar las zonas de hollín (cepillando, con aire, con agua caliente alcalinizada, etc) y secarlas muy bien (poner calefactores si es necesario).

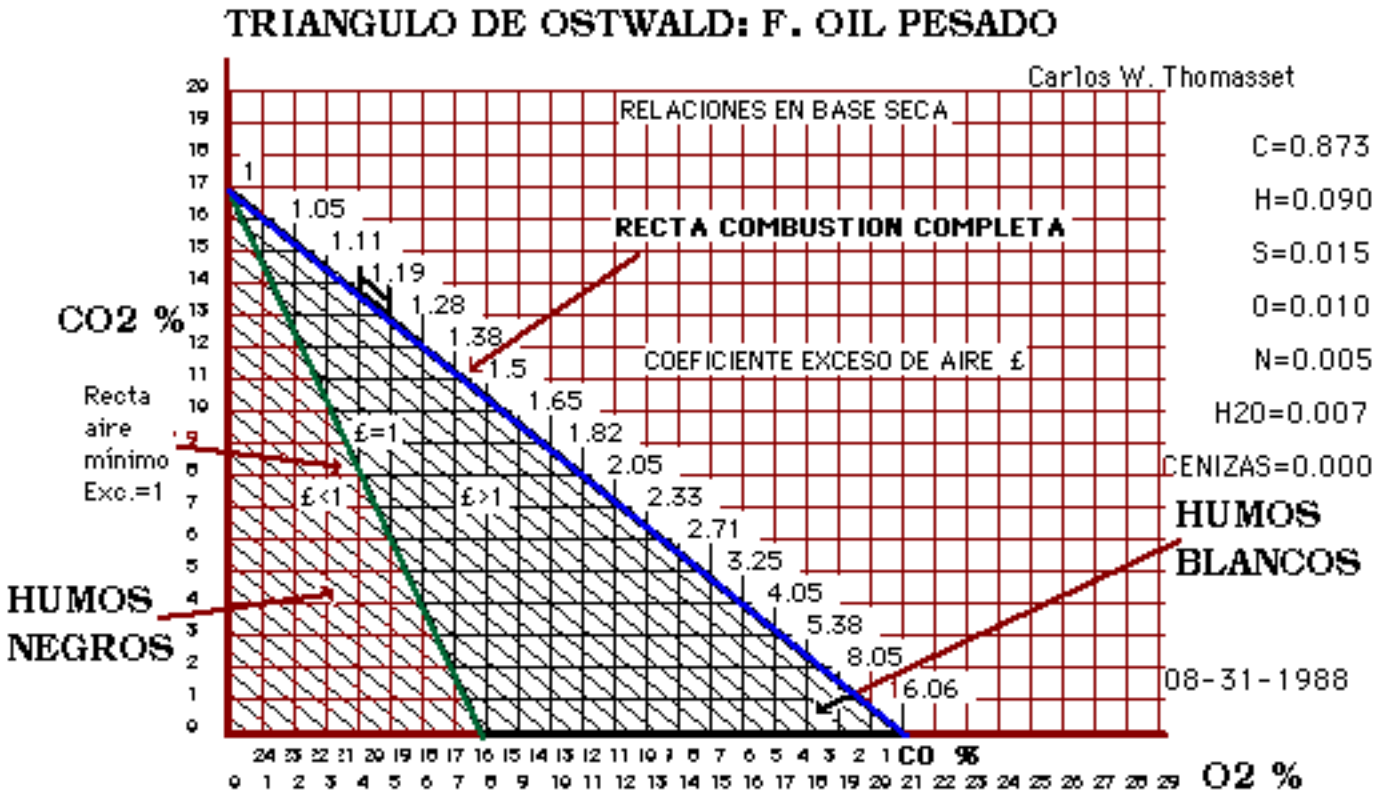

válvula de cierre al líquido
cámara medición de gas
reglilla de medición 0-20% CO2
líquido absorvente a base de potasa
diafragma goma especial
Ajuste el cero de la regleta sobre el nivel del fluído en el tubo central después de apretar una segundos la conexión superior para que entre o salga aire a la atmósfera.
1. Apriete la conexión de goma en la válvula superior.
2. Levante el dedo de la conexión- luego de bombear 18 veces.
3.Gire hacia abajo y vuelva hacia arriba repitiendo 3 veces.
4. Lea el nivel del fluído en la escala en % en vertical.
EQUIPO FYRITE PARA MEDICIÓN DE CO2 Y O2 EN CALDERAS

El FYRITE® (Bacharach®) es un equipo del tipo de absorción química, para la medida del CO2 , habiendo similares para O2.

En el caso del **CO2** (anhídrido carbónico), se utiliza **hidróxido de potasio** (KOH) como absorbente, a una determinada concentración (este absorbe a la suma de CO2+SO2, siendo por lo general muy baja la incidencia del SO2%). La medición es una medida en una columna hidráulica (tubo con gas y líquido) que será sometido al peso de la solución y a la presión de la misma al absorber el CO2, y por medio de una membrana a la presión atmosférica en la parte inferior de la cámara del líquido (previa calibración a 0%, al comunicar el interior del equipo con la atmósfera y luego ajustar la reglilla a cero 0%). Una vez mezclado el gas de muestreo atrapado en la cámara superior con la potasa, el CO2 se absorbe químicamente, lo que hace disminuir la presión interior, la presión atmosférica empuja el diafragma hasta el equilibrio, en donde al leer el nivel que sube por el tubo central puesto vertical, dará la lectura del CO2% . El medidor de O2, será similar en la operación, aunque el elemento absorbente, será otro **producto químico selectivo**, o sea que solo actúa con el O2 (el problema con el medidor del O2 es que ante cualquier penetración de aire, cuando el equipo está en reposo-guardado- se agota el líquido, cosa que no ocurre con la potasa).

Estos equipos tienen la gran ventaja de la simplicidad y la facilidad de su mantenimiento (o reparación), su error, si bien puede ser de hasta 0,5%, su precisión es suficiente para el ajuste de la combustión en la calderas más comunes .

Recordar que estos equipos miden los gases en relación seca (considera el agua en los gases de chimenea como ausentes o sea, condensada).



Ver en el módulo 6 de gas natural el uso del triángulo de OSTWALD (lo práctico que resulta para la interpretación de la combustión de un determinado combustible).

CALENTADORES DE F. Oíl pesado y su problemática:

La utilización de F. Oíl pesado (también en F. Oíl de calefacción, es decir F.Oíl pesado que le ha sido bajada su viscosidad con el agregado de Diesel Oíl en casi un 30% , lo que facilita el bombeo a bajas temperaturas y luego en su atomización se deberá utilizar a una temperatura menor al necesario para el F. Oíl pesado, pudiendose utilizar en quemadores más pequeños cuyas pastillas de atomización no podrán atomizar bien el F. Oíl pesado en forma adecuada).

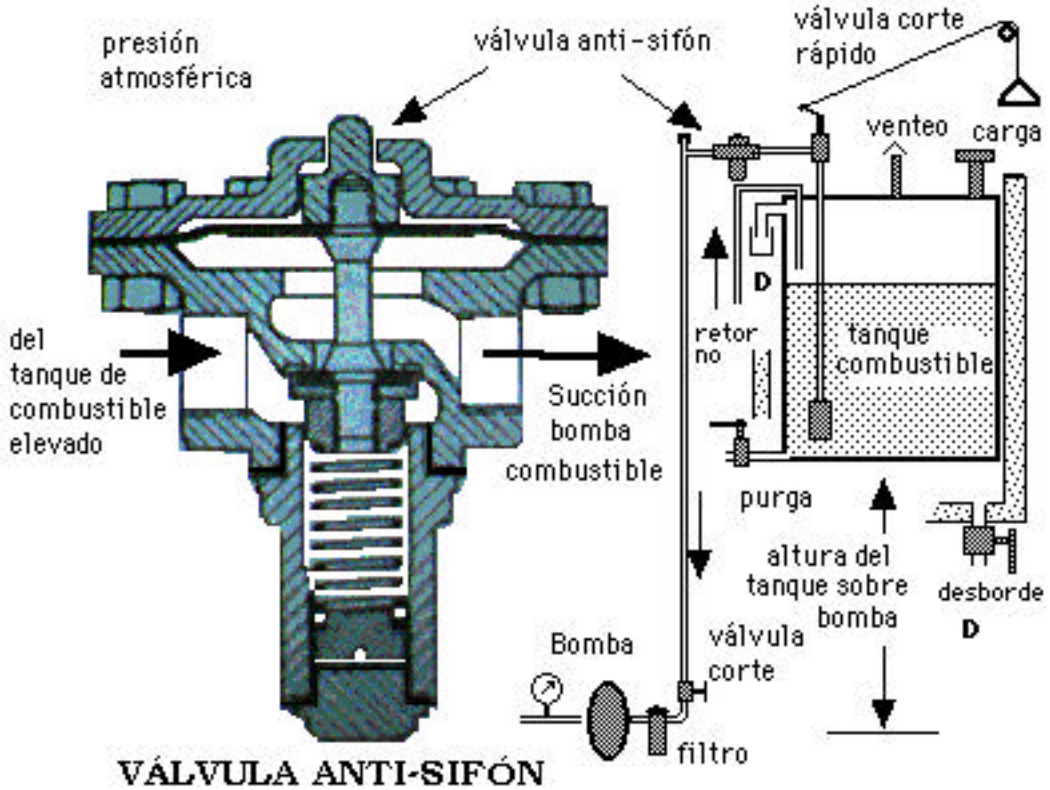
El precalentamiento del F. Oíl pesado, **para el bombeo**, generalmente se hace en los tanques de almacenamiento, por medio de serpentinas de vapor (cuyo condensado conviene tirar por si llegan a contaminarse al perforarse una de las serpentinas), es hasta una temperatura en que se pueda bombear sin problemas (un exceso de temperatura puede ser contraproducente para el trabajo de las bombas y hasta para su sellaje en las empaquetaduras), que por lo general esta temperatura está en el entorno de los 50ºC (calor necesario para calentar 1ºC a 1 Kg. de F. Oíl, llamado calor específico, es aprox. 0,5 Kcal/Kg. o sea, **la mitad** necesaria para calentar 1 Kg. o 1 Ltr. de agua a la misma temperatura). **Dado las distancias de bombeo, tanto de mandada como de retorno, obligan a tener la cañerías aisladas y además con elementos calefactores** (trazadores de vapor o agua caliente, como también eléctricos, estos elementos están en contacto con el metal de la cañería de F. Oíl pesado y le transmiten una cierta temperatura para mantener el combustible en el entorno de los 50ºC). Los sistemas de trazadores de calor de vapor o agua caliente, son simples cañerías de hierro o cobre, en contacto con el caño y ligados a él por medio de "puentes de calor", siempre debajo de la aislación. En los trazadores eléctricos, hay una variedad muy interesante, desde un simple cable con efecto "resistivo" que al pasar una corriente caliente como si fuera una estufa, hasta elementos con cables que en realidad trabajan a muy bajo voltaje y altas

corrientes, provocando un efecto de calentamiento por el campo magnético alterno en el caño de combustible (este último se utiliza mucho en los oleoductos que acarrean por zonas frías y largas distancias, como en Alaska, Canadá, etc., aunque también se puede utilizar en un sistema de calderas).

Cuando no existen estos trazadores, en las las instalaciones más pequeñas, hay dos caminos a recorrer para empezar a bombear el combustible frío: 1- haber parada la caldera con un combustible más liviano como el F. Oíl de calefacción o más liviano, como el Diesel Oíl o Gas Oíl, , 2- calentar todas la cañerías con un soplete de gas antes de intentar de prender las bombas de circulación de F. Oíl pesado.

En la sala de calderas, el combustible podrá ser: **a- aspirado por la bomba de combustible del quemador** (en depresión); **b- podrá ser tomado de un "anillo de combustible de baja"** o sea un sistema de cañería de mandada y de retorno al tanque de combustible; **c-ser aspirado de un tanque elevado de servicio** (en presión-más alto respecto a la bomba, muy problematizado por los incendios, especialmente debido a los derrames); **d-ser aspirado por la bomba de un balón sellado** (en presión hacia la bomba, con un depósito de combustible para unos minutos, pero con la gran ventaja que está sellado respecto a los derrames). Este último sistema me ha resultado muy simple y muy seguro, siempre y cuando esté adecuadamente diseñado, es similar al anillo pero con la ventaja que se manejan mejor las flutuaciones de presión del combustible al variar sus condiciones de bombeo.

El riesgo en los combustibles livianos (gasoíl, diesel oíl y aún los F. Oíl muy calentados, etc.), **cuando hay un taque de servicio elevado, es el derrame al perder una conexión, romperse un caño o un mangón.** Para evitar esto, se instalan elementos antisifón, es decir, elementos que impidan el derrame por gravedad, estos sifones podrán ser del tipo estático (caños), o válvulas de solenoide o del tipo dinámico con **válvulas antisifón**, veamos un ejemplo de este último:



VÁLVULA ANTI-SIFÓN

Dentro de los **errores de instalación en los sistemas de combustible, es la de disponer una válvula en la cañería de retorno de combustible:** en este caso si alguien la cierra por error, el mangón del quemador "reventará" por exceso de presión al prender la bomba del quemador (si es necesario una válvula, es conveniente poner una válvula de retención o una válvula con un "by-pass " con vávlula de alivio),

CURSO: GENERADORES DE VAPOR (CALDERAS)

EL TANQUE DE COMBUSTIBLE:

El problema del incendio debe ser contemplado como una prioridad.

Dependiendo si es **combustible liviano** (Gas Oíl, Diesel Oíl o F. Oíl de calefacción), o **combustible pesado** (F. Oíl pesado, ó Nº6 o residual, etc.), serán los accesorios y el diseño adecuado para el tanque. En los combustibles más livianos, la figura anterior, representa el caso de un tanque elevado sobre el quemador (aquí el problema del derrame por sifón o por simple gravedad, debe ser contemplado, poniendo una válvula anti-sifón, o una solenoide que actue solamente al prender el quemador, habilitando la succión del tanque, o un sistema de cañerías que evite el efecto sifón, provocando un "pulmón" artificial de aire en la línea de succión, de manera que la bomba queda en succión si se produce una rotura de los mangones o caños próximos al quemador).

En el tanque anterior no está totalmente dibujado el tanque de derrame por rotura o desborde, cosa que debe haber un tanque inferior con mayor capacidad de recibir el combustible si hay perforación del tanque o desborde del tanque.

Estos tanques son muy delicados para el "relleno" de combustible, ya que se debe tener un sistema de control automático y uno visual del nivel máximo y mínimo, dejando un sistema para el desborde (que lo haga en una zona adecuada).

Los automáticos de control de nivel deben ser adecuados, ya que el combustible tiene muy poco "conductividad", prefiriendose la instalación de sistemas de flotador, aptos para el combustible y que soporten las condiciones de operación.

Siempre deberá haber un buen venteo (fuera de sala), **un recipiente "de contención del derrame" al perforarse el tanque y un lugar de contención del combustible derramado por desborde.** La purga de agua de fondo del tanque, deberá estar por debajo de la succión (que deberá tener un filtro antes de la bomba), de manera de sacar el agua decantada.

Pero cuando se trata de F. Oíl pesado, el tanque deberá tener un sistema de calefacción para el bombeo (ya que el **F. Oíl pesado** cuando tiene una temperatura por debajo de los 30ºC a 40ºC, es casi imposible de bombear, debido a la alta viscosidad). El sistema de calefacción (generalmente a vapor o agua caliente), debe estar en la zona de succión de la bomba de trasvase o del propio quemador. **El pie de succión o válvula de succión, debe tener una válvula de retención** (que impide el "descebado" de la cañería al estar en depresión o con caída hacia al tanque, dicha válvula debe tener un asiento de buena características de sellado, como **vitón** que soporta el ataque químico y se mantiene "suave", y además, debe estar protegida por un **filtro** de un material inerte que no sea atacado por las condiciones químicas del agua que trae el mismo combustible, como una **malla de acero inoxidable**). Siempre conviene que haya **tomas bajas y tomas altas** (de manera que si se trabaja con las tomas altas, para evitar "arrastrar" agua; cuando hay poco combustible, se trabaja con las tomas bajas. Previendo que las tomas sean desmontables para su mantenimiento, teniendo cada una una conexión superior para el "·cebado" cada vez que se vacíen por alguna razón.

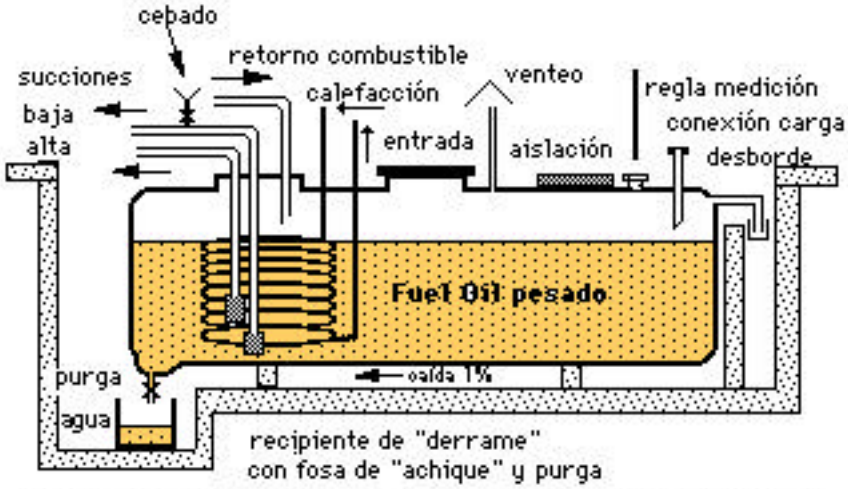
Estos **tanques de F. Oíl pesado**, si bien pueden ser sobre la superficie (con un recipiente extra de retención en caso del combustible se derramara por rotura del tanque), también pueden estar "bajo tierra", pero también deben tener un recipiente sellado exterior para la pérdidas o roturas del tanque (de manera de no contaminar el subsuelo), debiendo haber una forma de tomar muestras de la parte inferior de esta contención para ver si hay derrames.

Todo tanque, especialmente para el F. Oíl pesado, deben ir correctamente aislados, aún los combustible livianos si están a la intemperie (ya que ésto afectaría la buena combustión al atomizar un combustible muy frío. En el f. Oíl pesado que hay que calentar en el tanque o mantener caliente a 50ºC aprox., temperatura que por lo general se recibe del barco o del camión, de manera que al aislar no perdemos energía En el calefacción, aunque esté a temperatura ambiente, puede haber problemas de bombeo desde el tanque al quemador en el tiempo frío.

Es muy importante, con los tanques "bajo suelo", que aunque tengan doble tanque, **el problema de la corrosión** (aunque el tanque esté "pintado", la presencia de agua o humedad, en cualquier poro que pueda haber en la superficie de protección de pintura, se produce un "pitting" galvánico, que termina de perforar el tanque en pocos años, para evitar esto, mantener el tanque sobre una zona seca, que por lo general es arena y se pueden poner metales de protección tipo "ánodos de sacrificio", que por lo general son de aluminio, que irán conectados al tanque y enterrados en la arena).

También **en el interior del tanque puede haber corrosión**, de allí la importancia de darle caída a la parte inferior del tanque, hacía la purga, de manera de poder sacar bien el agua que trae el combustible.

Es muy importante que el tanque esté "amarrado" para evitar la "flotabililidad" (es decir que con el tanque vacío, se puede provocar que el mismo flote debido a que el tanque o recipiente de seguridad se llene con agua, por lo tanto el amarre debe ser importante, ya que por cada m3, de capacidad del tanque, tendremos 1.000 Kg. de fuerza de flotación, menos el peso del tanque. Esta flotabilidad puede romper las conexiones o hacer girar el tanque, que es el mismo daño).



CROQUIS ELEMENTAL DE TANQUE PARA F. Oíl pesado

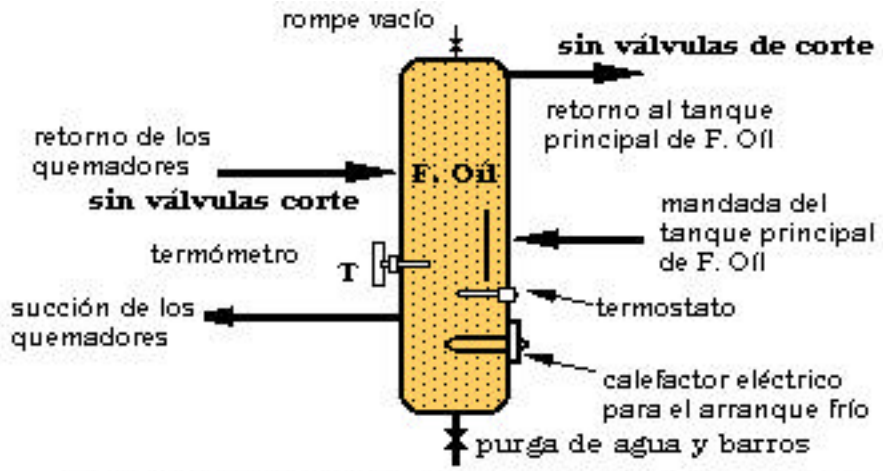
El tanque de servicio (F. Oíl)

No siempre es necesario un tanque de servicio.

El tanque de servicio es útil cuando los tanques de almacenamiento y recibo, están muy alejados de las bombas o succión de los quemadores, ya que una "depresión" en la succión, en un combustible pesado, hace difícil el bombeo (por la viscosidad, por la posible entrada de aire al estar en depresión, cañería con poco diámetro, etc.). Aunque la implementación de este tanque, **tiene una serie de riesgos** : **el problema del incendio,** el **control de nivel para el relleno** (puede ser automático, pero ocurren desbordes por falla del automático, el desborde debe ir a una zona sin riesgos y de recuperación), como el combustible debe ser calentado (en el entorno de los 50ºC, se producen vapores de combustible, tanto nocivos para la salud como para la posibilidad que pueda provocar una explosión con la proximidad de un llama abierta o un corto-circuito eléctrico, además obliga a una calefacción extra para cuando se arranque en frío y el combustible tiene una gran viscosidad, quedando el problema del purgado del agua acumulada por asentamiento (el agua se separa mejor con el combustible algo caliente) o el desprendimiento de los gases o aire que tomen las bombas de los quemadores y vuelvan por retorno al tanque de servicio. Pero **el problema mayor es el derrame de combustible en la sala de calderas** (debe haber un recipiente inferior capaz de recibir todo el combustible perdido, casi imposible si la bomba de trasvase sigue prendida).

Para evitar esto, se puede hacer un **tanque intermediario sellado**, de buena pared de metal, con un reservorio de combustible para una marcha de unos minutos a 1 hora , **pero que el combustible es bombeado por una bomba próxima al tanque principal cuando el quemador está en servicio, y que el exceso de combustible retorna al mismo tanque.** Este reservorio está presurizado para las bombas de los quemadores por un altura de instalación sobre los mismos y por la pérdida de carga de la cañería de retorno (retorno que se hace por la parte superior y regresa al tanque principal, todas estas cañerías de buen diámetro, no menos de 11/2" (en combustible pesados), **aisladas y con trazadores de calefacción**, **arrastrando los gases y el aire, en donde irán al venteo del tanque principal**), la alimentación a los quemadores a una altura intermedia de manera de no tomar los barros y el agua del fondo del reservorio, quedando en la parte inferior la purga para los mismos. El retorno de los quemadores, más próximos al retorno del reservorio, para separar los gases en la parte superior. La entrada del combustible del tanque, con un "baffle" de choque y separación, de manera de provocar una separación de gases, aire y agua, sin establecer una succión directa de los quemadores.

Este tanque nunca deberá estar sometido a la presión de las bombas de combustibles (es decir que si tiene válvula en el retorno al tanque principal, debe tener una válvula de alivio en paralelo con dicha válvula de corte). **Cuando se construya, deberá soportar la presión de trabajo sin problemas** (hacer una prueba hidráulica), **con el combustible muy frío puede llegar a levantar una presión mayor dado incidencia de la viscosidad en la cañería de retorno** (por ello la cañería de retorno debe ser de generoso diámetro, aislada y calefaccionada).



TANQUE INTERMEDIO DE COMBUSTIBLE SELLADO

EL CALENTADOR DE COMBUSTIBLE EN LA CALDERA

Luego, hay que subir la temperatura para la atomización, según sea el tipo de quemador a utilizar, para ello se utilizarán **calentadores a vapor o eléctricos**.

Los calentadores a vapor, por lo general serán del tipo de un recipiente que podrá tener una serpentina de vapor, tubos de vapor, placas y tubos (con un sistema para absorber la dilatación del cuerpo en referencia a los tubos que se encuentran entre las placas). **Aquí el problema más importante es que el cuerpo del calentador podrá estar sometido por lo general a la presión de las bombas de atomización,** (para evitar que las bombas estén sometidas a altas temperatura, lo que provoca su rápido desgaste y dificulta mantener su eficiencia) **o a la presión de baja** de un anillo de baja presión y las bombas de alta sometidas a la alta temperatura) **. Como las bombas por lo general son de desplazamiento positivo** (es decir, que si se cierra su descarga levantan la presión hasta el límite mecánico del sistema, como si fuera un "tornillo"), **esto obliga a que la bomba y el cuerpo del intercambiador tengan un sistema de válvulas de alivio, por si alguien cierra la descarga del calentador.**

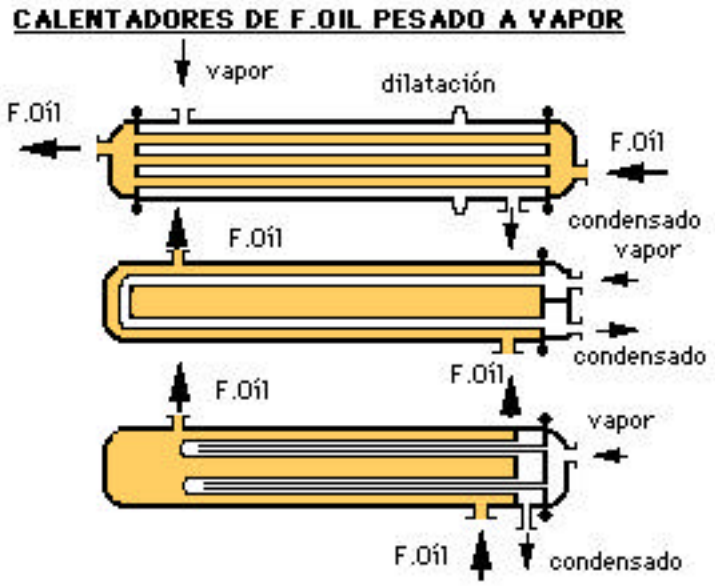
El otro problema es la dilatación hidráulica del combustible (si confinamos un líquido en un recipiente de hierro y lo calentamos, no habiendo en su interior ninguna burbuja de aire o gas, la presión podrá subir hasta el límite en que el recipiente se rompa o se estire, ya que el líquido dilatará más que el recipiente que lo confina). **Por ello, si alguien cierra las válvulas de entrada y salida del combustible y luego dá calor , si no hay una válvula de alivio, es muy probable que el calentador se averíe** (con riesgo o nó para las personas, no olvidar que el F. Oíl está caliente por lo general a más de 100ºC). Si el termostato de manejo del vapor está en el propio calentador, podrá evitar este exceso de temperatura (siempre y cuando no pierda la solenoide o la válvula termostática de control, lo que hará que la temperatura suba hasta la temperatura máxima del vapor de alimentación al calentador), pero **la dilatación ocurrirá igual** debido a que si el combustible entró a una baja temperatura y subió a la de trabajo.

Si el termostato está afuera del calentador, en el circuito de salida, la temperatura será aún mayor y su riesgo también. **Debemos controlar que exista un alivio.**

Hay varios tipos de calentadores de vapor con un recipiente, en todos por lo general está contemplado el problema de la diferencia de dilatación del cuerpo en referencia a los tubos que al estar en contacto con el vapor más caliente dilatarán más que el propio cuerpo que los confina. El vapor será controlado por un termostato que accionará una válvula de solenoide o por una válvula termoreguladora. Por lo general **el condensado se tirará para evitar la contaminación** del agua de alimentación de caldera. El condensado será controlado por una trampa de vapor, que siendo de flotador solamente dejará pasar el condensado, con muy poca pérdida de vapor (las trampas termodinámicas consumen vapor para funcionar).

Conviene revisar en forma frecuente, el aspecto del condensado para ver si hay pérdidas de F. Oíl, ya que se corre gran riesgo de contaminar el agua de caldera con F. Oíl (muy perjudicial) al prender la bomba de combustible que levanta presión del mismo en el calentador al estar la caldera con una presión de vapor menor a la presión del combustible en el interior del calentador (cuando ocurre una contaminación, en el tubo de nivel visual aparece una "aureola" flotando sobre el agua o directamente el aspecto del combustible en el tubo de nivel, pueden provocarse "arrastres" de agua de caldera, olor en el vapor o lo que es peor : quemar algun tubo por falta de transferencia térmica). **Para evitar que entre combustible por pérdidas del calentador en la caldera, es conveniente la instalación de una válvula de retención en el suministro de vapor al calentador** (quizás con asiento de teflón para asegurarnos un buen cierre), **válvula que irá conectada después del sistema de regulación de vapor, en una zona que se pueda chequear su eficacia.**

A veces es conveniente la limpieza anual del calentador del lado del combustible, para sacar incrustaciones carbonosas que impiden una buena transferencia de calor; para ello se puede hacer una limpieza mecánica con un sistema de turbina (a veces con un previo tratamiento químico a base de fosfato trisódico caliente en circulación por varias horas del lado del combustible del calentador, con una bomba exterior , evitando que esta solución penetre en el sistema de combustible). Por lo general la corrosión del calentador es por el lado del vapor, en la zona de recolección del condensado, por ello el calentador debe tener la extracción del condensado en la parte más baja de la cámara de vapor, de manera que no se estacione condensado, especialmente cuando está parado (frío o cerrado el vapor y penetra aire).

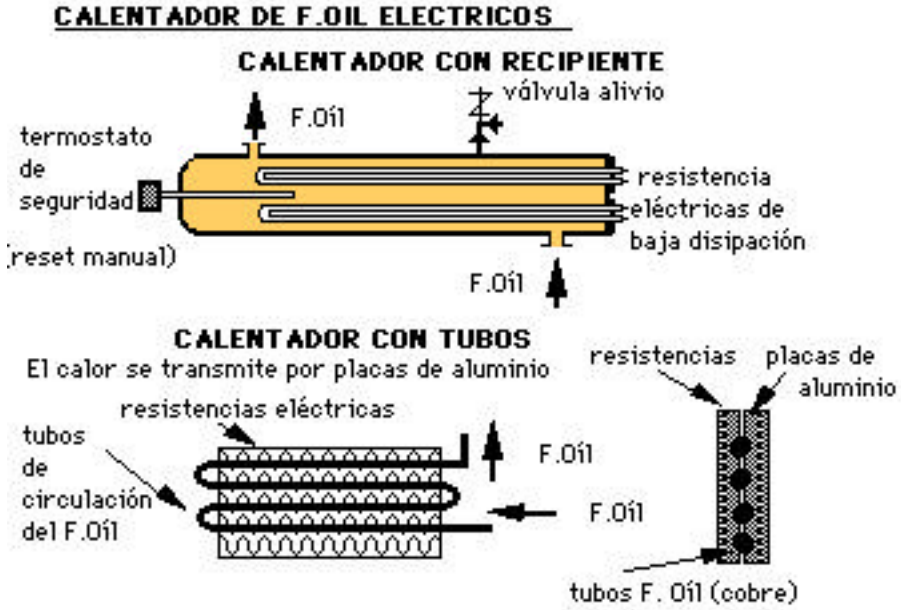


<u>En los calentadores auxiliares o principales eléctricos,</u> si el sistema se basa en un recipiente con resistencias internas, el problema se agrava.

Como **las resistencias eléctricas tienen una alta temperatura**, si no hay disipación de calor, esta temperatura irá en aumento (en el calentador a vapor la temperatura máxima será la del vapor saturado de la

propia caldera, y la temperatura máxima que podrá subir el F. Oíl, que si bien no es conveniente, tampoco será tan alta como cuando hay calefacción por resistencia eléctricas):

Aquí hay varios aspectos a tener en cuenta : 1- deberá existir **un termostato de máxima temperatura en el propio cuerpo del calentador eléctrico**, para evitar un exceso peligroso de temperatura (que corte un poco por encima del termostato de marcha y que sea del tipo de rearme manual, es decir que un vez que "salta" se deberá a volver a poner en funcionamiento manualmente de manera que el foguista sea "avisado" de la situación anómala), ya que esta alta temperatura no solo "quema" el F. Oíl o las resistencias, sino que puede producir grandes presiones en caso que el sistema no tenga válvula de alivio, pudiendo provocar la explosión del calentador. Este termostato de alta entre las resistencias, también protegen a las resistencias por si el calentador es prendido sin circulación del combustible, ya que si así fuera se quemarían las resistencias por falta de disipación; **2-deberá de tener un sistema de alivio**, para absorber la dilatación hidráulica del calentamiento en caso que este incomunicado al sistema de combustible (y también en caso de que falle el termostato de alta o quede el contactor "pegado" elevándose la temperatura con el calentador incomunicado) y **3-las resistencias deberán ser adecuadas para calentar líquidos viscosos** (la disipación con cm2, deberá ser lo suficientemente baja para que no queme ni las resistencias y no queme el F. Oíl, haciendo "cascarillas" que desgastarán a las bombas, las toberas de atomización o tapando algún conducto de solenoides o de válvulas de alivio, generalmente esta disipación es muy por debajo de las resistencias comunes utilizadas para el calentamiento de aguas como en los calefones, en el orden de los 3 a 5 watts/cm2).



En algunos sistemas de calefacción eléctrico del combustible, para evitar riesgos, como el quemado del combustible por falta de circulación y exceso de disipación de la resistencias eléctricas, los calentadores son de tubos por el cual circula el combustible y estos están inmersos en una masa de metal conductora de calor, que son calentadas por resistencias eléctricas (de todas manera hay un termostato extra de seguridad no ajustable externamente y conveniente que tenga un reset manual, es decir que un vez que este corte, debe ser "armado" por el operador, para que este tome conocimiento)..

Cuando un combustible, es calentado por encima de temperatura aconsejada de atomización (para lograr su combustión completa)**, el problema generalmente es debido a un mal funcionamiento del sistema del quemador** (no es conveniente calentar el **F. Oíl pesado** por encima de **155°C**, ya que a partir de dicha temperatura, empiezan los problemas generados por la formación de "cascarillas" de combustible que provocan distintos problemas en el sistema: desgaste, taponamientos de filtros, conductos, solenoides, etc.

No trate de solucionar los problemas de ajuste del quemador, con una calefacción exagerada del combustible.

En cuanto a la economía del calentamiento del F.Oíl, debemos decir que parte de la energía que suministramos en forma de calor al combustible para bajar su viscosidad y lograr una buena atomización, se suma este calor al calor liberado por el combustible, pero **lo que realmente pesa es cual es la energía utilizada para este calentamiento: es evidente que la energía eléctrica es la más cara** (siendo la más económica la utilizada al usar el propio vapor de la caldera).

El **calor específico del F. Oíl** (**Cp** : aprox, **0,5 Kcal/Kg/ºC**., calor para calentar **1 kg. de combustible 1ºC**) es la mitad que la correspondiente al agua. Si utilizamos vapor, por cada **1 Kg. de vapor**, podremos calentar de **10 a 11 Kg. de combustibl**e (a más de **100ºC**), si usamos electricidad por cada **1 Kwh** (860 Kcal/kwh) podremos calentar unos **17 Kg. de combustible** en las mismas condiciones anteriores, pero para generar **1 Kg. de vapor** será suficiente por lo general unos **0,070 Kg.** de combustible (F.Oíl), lo que muestra cuanto más económico es calentar con vapor el combustible (ya que para equiparar calores, será suficiente **por cada 1 Kwh aprox. 0,120 kg. F. Oíl de combustión en una caldera de 0,85% de Eficiencia Total al PCI**).

Problemática de la contaminación del combustible:

La contaminación más común del combustible es el agua, que puede introducirse en el tanque de combustible por filtración, agua de lluvia, condensación o pérdidas de las serpentinas de calentamiento (aunque puede haber otros tipos de contaminantes, desde arena o hasta el error de "tirar" en los tanques disolventes de limpieza o simplemente aceites usados, lo cual hará luego muy peligrosa la situación debido a la volativiladad de estos componentes).

El agua en combustible cuando es muy poca (menos del 1%), si la emulsión es buena, mejora la calidad de la combustión (hay un fenómeno de mejora de atomización, tal es así que hay máquinas para emulsionar agua hasta el 3%). Pero cuando el % de agua rebasa cierto límite se empiezan a notar "chispas" en el cono de atomización, hasta que llega un momento en que la combustión es inestable y se apaga el quemador.

Cuando se usan aditivos de combustible, el inconveniente que el agua es muy difícil de sacar por "decantación", ya que los aditivos de combustible tienden a emulsionar el agua de contaminación con el combustible (por eso no es aconsejable aditivar el combustible si el tanque tiene tendencia a la penetración de agua y esta debe ser extraída). Lo otro que dificulta la extracción del agua es la densidad del F.Oíl pesado cuando esta llega a 1 (1 litro=1 Kg), si esto ocurre el agua no se separa del combustible bajando a la parte más baja (se forman "masas" de agua a cualquier altura del tanque. **Para separar el agua en este caso, no queda más remedio que mezclar este combustible pesado con un combustible más liviano** (F. Oíl calefacción, Diesel Oíl o Gas Oíl) **en un % de manera que baje la densidad a menos de 0,98** (luego de mezclar bien, a veces calentando algo el combustible y luego dejando varias horas en reposo, se logra la decantación del agua).

En cuanto a las otras contaminaciones, en cada caso se debe obrar en consecuencia, **siendo muchas veces necesario extraer el combustible con una barométrica y devolviendolo a suministrador** (con el reclamo correspondiente).

Al ver todo esto, es aconsejable, disponer un tanque para el "recibo" de combustible y tomar una muestra en el momento de recibir el combustible (en común acuerdo con el suministrador y guardarlo sellado hasta que sea utilizado el combustible sin problemas, y en el caso de que haya problemas, la muestra será testigo si el problema fue antes o después del suministro).

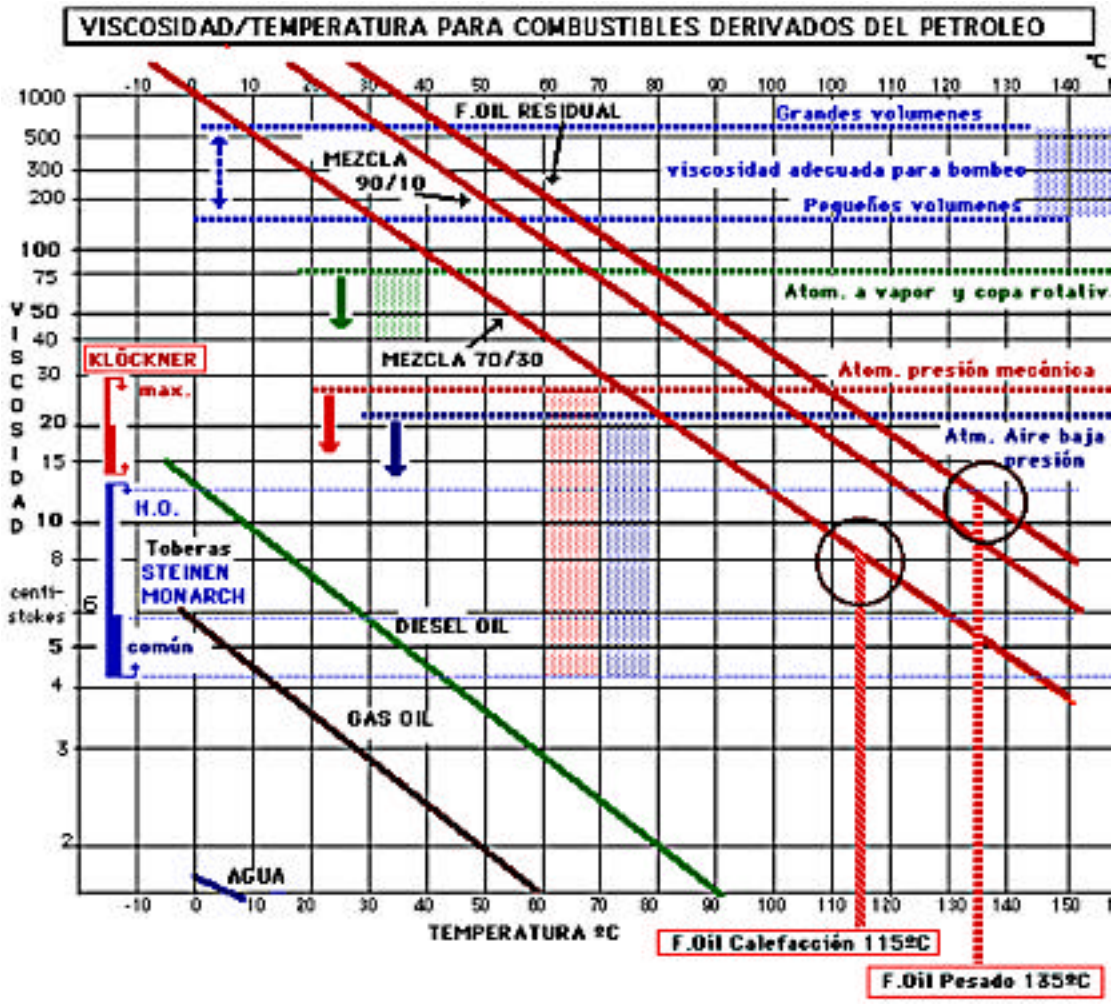
El recibo de combustible:

El control de recibo de combustible es muy importante, **se puede controlar volumétricamente** (como el precio se dá por volumen a una determinada temperatura), pero como el combustible varía su volumen con la temperatura, esta tarea se hace un poco complicada en cada caso porque **hay que corregir por temperatura** (utilizando tablas para cada combustible), esta medida volumétrica se hace sobre los tanques, tanto del transporte como del recibo, utilizando **reglas previamente calibradas** (al final del libro hay método matemático para el cálculo de tanque cilíndricos, pero los tanque pueden ser ovalados o deformados al instalarse, por lo que es aconsejable la calibración de las reglas utilizando agua que se controla al introducir en el tanque para hacer su calibración, este es el método más seguro en tanque horizontales). **Una manera sencilla**, de un control relativamente preciso, es la de pesar el vehículo de trasporte, **antes y después de la descarga**, el volumen será aprox. el producto de peso en Kg. por el volumen específico en L/Kg (o la inversa de la densidad, valor que debe suministrar el vendedor del combustible), cosa que por lo general es muy fácil de hacer. El recibo de combustible no solo comprende su volumen (por el que se paga), sino **por las cualidades de cada tipo de combustible.**

Dentro de estas cualidades, de acuerdo a cada combustible, conviene controlar la **viscosidad** (permite ver su adaptabilidad al sistema de bombeo y atomización, ya que mide el esfuerzo de deslizamiento para impulsarlo por las cañerías, pero dicho valor está relacionado con la temperatura en que se mide la viscosidad, que generalmente baja a medida que la temperatura sube o sea es más fácil de bombear) el **punto de combustión** ("fire point"), temperatura a la cual se produce la primera combustión al acercar una llama sobre la superficie del combustible, dado que las **normas de seguridad para el uso de cada combustible**, nos permite trabajar con seguridad (no olvidar que un F. Oíl pesado con un punto de inflamación no debe tener volátiles que puedan provocar una explosión de hogar o incendio, al calentar el mismo para su bombeo o atomización, ya que puede ser que por error en el suministro se entregue un combustible de otras características, tampoco se debe permitir la introdución de aditivos o de otros combustibles de bajo punto de inflamación, es peligroso). Hay otras series de análisis que pueden ser solicitados, como el Poder Calorífico (Superior e Inferior), el **contenido de azufre máximo**, etc. **Una buena medida, al recibir el combustible, es guardar una muestra del mismo** (una botella de 1 L, bien tapada)**, sellada, en común acuerdo con la empresa suministradora, de manera que si aparecen problemas relacionados con el combustible, esta muestra pueda ser analizada y sirva para compararla con el análisis que se haga con el combustible en uso.**

En el gráfico siguiente, se podrá ver las **viscosidades más adecuadas para el bombeo** de los distintos combustibles (expresada del lado izquierdo de la gráfica en centi-stokes o viscosidad cinemática, una manera internacional de expresar la viscosidad, que también se puede expresar de otras formas: grados Engler (europeos), Saybolt Universal (U.S.A.), Saybolt Furol (U.S.A.), Rewood (Inglaterra), etc., que se pueden convertir unas a otras, utilizando tablas al respecto), así como la **mejor viscosidad para su atomización según sea el combustible y el tipo de quemador** (los quemadores o toberas mecánicas más comunes están indicados en la parte izquierda del gráfico). En la parte inferior izquierda se puso la viscosidad del agua y en la parte inferior derecha está indicada la viscosidad para el f. Oíl pesado, que se está en el entorno de los 135ºC para la atomización mecánica (con toberas adecuadas para ello, especialmente en quemadores chicos las toberas vendrán indicadas como H.O. o sea Heavy Oíl, que significa "aceite o combustible pesado").

El F.Oíl residual es el F. Oíl pesado (ó Nº6), la Mezcla 70/30 sería un F. Oíl de calefacción. El Diesel Oíl tiene mayor viscocidad que el Gas Oíl, además es más dificil de quemar. **Nunca se deben precalentar por error el Gas Oíl y el Diesel en un quemador que quema F. Oíl residual**, esto puede provocar una explosión de hogar al encender debido a la vaporización del combustible más liviano. Si es necesario mezclar F.Oíl pesado o calefacción con Gas Oil o Diesel Oíl, hacer un buen mezclado antes de bombearlo al quemador (agitando mecanicamente o con aire, además el % de liviano no debe ser muy alto, en general como máxino no pasa del 20%) , de lo contrario se corren riesgos de explosión de hogar (si combustible liviano es precalentado en lugar de la mezcla).



CIRCUITO HIDRÁULICO DEL QUEMADOR (circuito que hace el combustible)

Veamos un croquis de un sistema de F. Oíl, con un quemador de atomización mecánica con regulación por retorno (aunque habrá muchos circuitos hidráulicos, según sea el tipo de quemador, lo común a todos ellos serán lo elementos básicos : depósitos, bombeo, calefacción y **fundamentalmente todos los elementos de control y de seguridad**) **:**

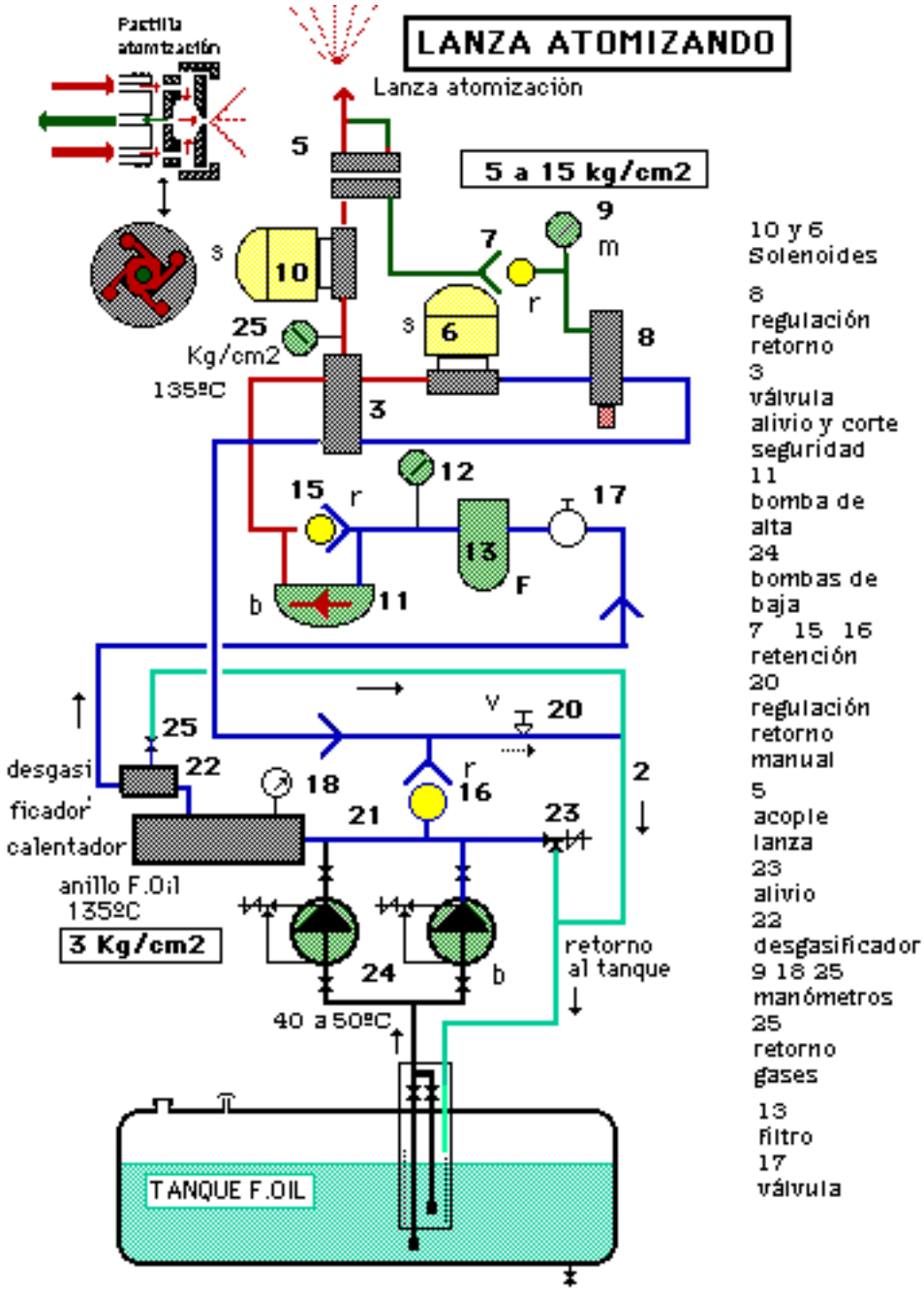
Como dijimos el quemador automático debe su accionar a un **programador** eléctrico-electrónico, que hace todas las secuencias y controla o recibe todas las señales de los elementos de seguridad: Controla que las válvulas de corte de combustible (en los quemadores importantes pueden ser 2) estén cerradas y solo serán abiertas alimentando la atomización, si se cumplen todos los requisitos necesarios, como ser: Previo a que debe haber nivel de agua suficiente, 1-Efectuar un pre-barrido de aire (expulsa los gases de combustible que puedan quedar en el hogar, esta operación hace 4 cambios de aire del hogar y tubos o 90 segundos con el 60% de la apertura del "damper", persiana, de entrada de aire), puede controlar si hay aire para combustión o flujo de aire (sin aire no habrá combustión, pero sí inundaremos el hogar con combustible hasta que el sensor de llama cierre las válvula de seguridad), mientras tanto también recibirá la habilitación que hay temperatura adecuada en el combustible

(un termostato "anti-smog", para evitar un arranque frío)**,** 2-el aire vuelve a quedar en aire mínimo para el arranque (una micro controla la posición de aire mínimo para evitar un arranque con exceso de aire que sople la llama o con exceso de combustible, ya que el "damper" de aire y la válvula reguladora de combustible, si el quemador es modulante, estarán ligados), 3- se prende una llama piloto (puede que no haya una llama piloto), esta llama por lo general es gas de garrafa y su encendido depende un transformador eléctrico que eleva el voltaje de la línea normal de suministro a más de 15.000 voltios, provocando una chispa que enciende el gas), **4-la llama piloto encenderá por unos segundos (por lo general 10 segundos, se prenderá siempre y cuando no detecte otra llama o calor que pueda prender la llama en el hogar, para evitar un explosión de hogar), en la cual podrá ser monitoreada su encendido por un sensor de llama** (fotocélula, que puede ser de infrarrojo que pueda captar la combustión del gas, fotodiodo o válvula), que si no ve la llama piloto, detiene la acción de encendido (podrá provocar todo un reciclo nuevamente o quedará en alarma de fallo de llama, depende del programador), en el caso que la llama piloto no esté controlada o si no hay llama piloto, se pasará a la acción siguiente, **5-se abrirán o abrirán las válvulas de suministro de combustible para la atomización** en la **condición de mínima marcha**, pero **si el sensor de llama no detecta la llama en 10 o 15 segundos, según potencia y si tiene piloto (15') o no (10'), las válvulas de corte de combustible accionarán (cerrando) abortando la operación** (se podrá repetir la acción en forma automática, haciendo un pre-barrido nuevamente de más corta duración, dependiendo del tipo de quemador y combustible). 6-Una vez establecida la llama principal, si el quemador es modulante, pasarán unos segundos antes de habilitar el presóstato modulante que hará que el quemador regule la potencia o caudal de combustible y aire a cada necesidad de producción de vapor (regulado por la presión de vapor), **pero la llama estará siempre monitoreada por el sensor de llama que dependiendo del tipo de quemador y potencia en 15 segundos** (quemadores pequeños) a **4 segundos como máximo** (quemadores medianos a grandes), **si no detecta llama, cerrará inmediatamente el combustible a la atomización** (haciendo un nuevo reciclo, según quemador).

Por lo general, si el quemador falla en una de las operaciones (luego de hacer el reciclo si lo hay), quedará apagado, habiendo por lo general una luz indicadora o alarma indicando la falla, hasta que venga el operador y apriete un botón ("reset") para rearmar el quemador a su condición normal y que comience la operación de marcha nuevamente (siendo conveniente observar si hay algún problema, que puede ser : fotocélula sucia de hollín (no detecta bien la llama), filtros de combustible sucio, falta de combustible, falta de aire de combustión (rotura de eje ventilador), mangones rotos de combustible, combustible frío, agua en el combustible, bomba combustible fallando o entra aire en la succión, falta de combustible, etc.

Generalmente deberá haber **enclavamientos eléctricos** entre los distintos elementos de operación, como ser, que la válvulas de cierre (generalmente deberán cerrar en menos de 1 segundo, como las solenoides) no puedan ser habilitadas por el programador si las bombas de combustible están apagadas, si el ventilador está apagado, tiro inducido si lo hay, etc.

De la misma manera, habrá que considerar la posibilidad de **fallas eléctricas** en los circuitos, como ser **corto-circuitos**, cables que hay quedado **a tierra**, etc, de **manera que bajo ninguna circunstancia se anule el apagado del quemador si la caldera ha quedado con bajo nivel de agua** (si se pasa de presión abrirán las válvulas de seguridad, pero si se queda sin agua, la caldera se accidenta: se quema o cualquier otra cosa relacionada, como la explosión si dan las condiciones).



El croquis superior, muestra un sistema a F.Oíl, de atomización mecánica con regulación por recirculación de retorno del combustible (en estado: atomizando), para variar su capacidad de flujo de atomización, sin afectar la calidad de la atomización

El tanque de F. Oíl en el caso de ser F. Oíl pesado, debe tener un sistema de calefacción para llevar la temperatura a por lo menos 50ºC, para bajar la viscosidad a la de bombeo en baja (generalmente una serpentina con vapor, rodeando las tomas de combustible, con su termostato y solenoide de control de temperatura).

Aquí no se han puestos los termostatos (un termostato de regulación de temperatura de calefacción del combustible, un termostato de corte por alta temperatura con rearme si es calefacción eléctrica y un termostato de protección por baja temperatura o " anti-smog" (humo) por si el F. Oíl está muy frío (apaga o no deja prender el quemador). Observese que hay un "anillo de baja" presión de combustible, cuya función en la calefacción y suministro del combustible y un circuito con bomba de alta para la atomización (que trabaja con el combustible ya caliente, lo que hace su trabajo difícil, dado que el propio combustible es la lubricación de los engranajes y sellos de la bomba). Hay 2 válvulas de solenoide, una normal abierta Nº6 (permite la recirculación del combustible al estar el mismo apagado, para mantener "caliente" el circuito casi hasta la lanza) y una normal cerrada Nº10 que habilita el combustible a la lanza para la marcha (habiendo otra válvula de acción mecánica de seguridad (que tiene la doble función de cerrar cuando el quemador apaga y a su vez regular la presión máxima de la bomba de alta para la atomización : Nº3). La válvula Nº8 regula la capacidad de combustión, retornando combustible, comandada por un motor modulante (que lo gobierna un presostato modulante) y que además de regula la entrada de aire de combustión para mantener la relación aire/combustible.

Las bombas de baja, deben llevar en forma permanente una válvula de alivio interna o externa, dado que son bombas de desplazamiento positivo, que si no alivian la presión al tener cerrada la mandada, levantarían tanta presión que "romperían" las cañerías o cualquier elemento que soporte la presión o aún el eje de las bombas o en mejor caso, harían saltar los térmicos del motor.

El calentador de combustible (F. Oíl), por lo general si la caldera es relativamente grande, será combinado eléctrico-vapor o dos calentadores separados, uno de vapor para marcha normal y uno eléctrico para el arranque.

El desgasificador que a la salidad del calentador, permite extraer los gases y el vapor de agua evaporado por la alta temperatura (ya que la temperatura de saturación del agua es mayor que la correspondiente a la presión de baja), **si estos gases interfieren con la bomba de alta, provoca alteraciones en la presión de alta, provocando mala atomización.**